

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-022207

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 9/00

(21)Application number : 08-177603

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.07.1996

(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

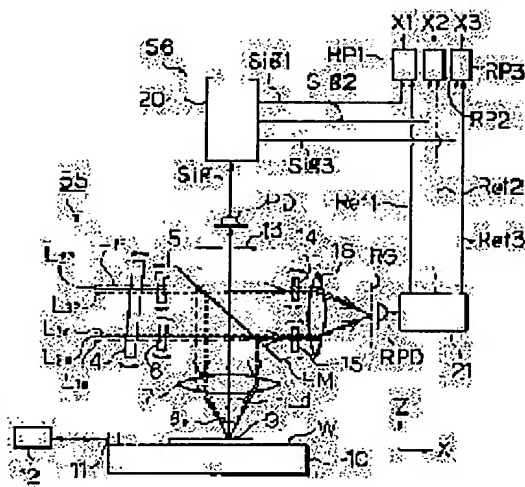
(54) POSITION DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a position of an alignment mark of a lattice shape with high precision based on an accurate averaging effect, even when the intensity of sets of luminous flux with a plurality of wavelength bands forming a detected light differs from each other in the case that the position of the mark is detected by the multi-wavelength LIA(laser interferometric alignment) system.

SOLUTION: Three pairs of luminous flux sets L1p, L1m, L2p, L2m, and L3p, L3m with different wavelength bands are emitted onto an alignment mark on a wafer W via an objective lens 7 or the like, ± 1 st diffracted lights Ld generated from the alignment mark 9 are received by a photoelectric detector PD via the objective lens 7 or the like.

Then, a synthetic beat signal Sig outputted from the photoelectric detector PD is given to a frequency separator 20, in which the beat signal Sig is separated into beat signals Sig1, Sig2, Sig3 with each wavelength and the position of the alignment mark 9 is detected by using the signals Sig1, Sig2, Sig3 having respective wavelength bands.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-22207

(43) 公開日 平成10年(1998)1月23日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 2 5 L
G 0 3 F 9/00			G 0 3 F 9/00	H
			H 0 1 L 21/30	5 2 2 D
				5 2 5 N
				5 2 6 W

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平3-177603

(22) 出願日 平成8年(1996)7月8日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 白石 直正

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

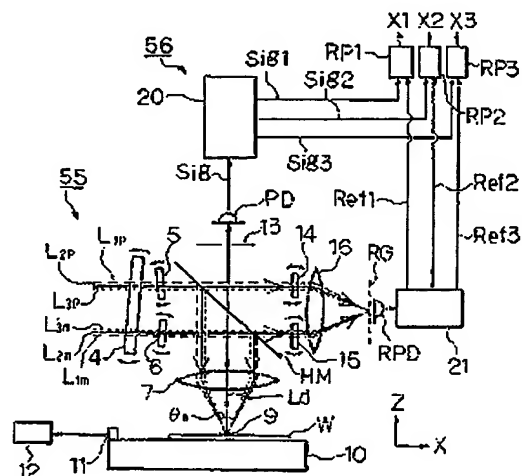
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】 多波長L I A方式で格子状のマークの位置検出を行う場合に、検出光を形成する複数波長の光束の強度が互いに異なる場合であっても、正確な平均化効果によって高精度にそのマークの位置検出を行う。

【解決手段】 異なる波長の3対の光束 L_{11} , L_{12} , L_{13} , L_{21} , L_{22} , L_{23} を対物レンズ7等を介してウェハW上のアライメントマーク9に照射し、アライメントマーク9から発生する±1次回折光 L_d を対物レンズ7等を介して光電検出器PDで受光し、光電検出器PDから出力される合成ビート信号 Siq を周波数分離器20に通して、各波長毎のビート信号 $Siq1$, $Siq2$, $Siq3$ を分離し、これらのビート信号 $Siq1$, $Siq2$, $Siq3$ を用いて各波長毎にアライメントマーク9の位置を検出する。



(2)

特開平10-22207

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 検検物上に形成された格子状の位置検出マークに対して、それぞれ互いにコヒーレントで所定の周波数差を有する第1及び第2の光ビームより互いに波長の異なる複数対の光ビームを照射し、前記互いに波長の異なる複数対の光ビームのそれぞれについて、前記位置検出マークより所定の同一方向に発生する複数の回折光よりなる干渉光を受光し、該受光された干渉光に基づいて前記位置検出マークの位置を検出する位置検出装置において、前記位置検出マークに照射される前記複数対の光ビームの各対を互いに異なる周波数差で変調する変調手段と、前記互いに波長の異なる複数対の光ビームのそれぞれについて前記位置検出マークより発生する前記干渉光をまとめて受光する光電検出器と、該光電検出器による光電変換信号より前記変調手段における互いに異なる周波数差に対応した異なる周波数の複数の信号成分を抽出するフィルタ手段と、を備え、該フィルタ手段からの複数の信号成分に基づいて前記位置検出マークの前記異なる波長毎の位置を求めることを特徴とする位置検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の位置検出装置であって、前記位置検出マークの前記異なる波長毎の位置に、前記光電検出器による光電変換信号より抽出した前記複数の信号成分中の対応する信号成分の振幅の大きさ、及び前記位置検出マークに照射される前記複数対の光ビーム中の対応する光ビームの強度の逆数にそれぞれ比例する重みを乗じて平均した加重平均をもって、前記位置検出マークの位置とすることを特徴とする位置検出装置。

【請求項3】 請求項1又は2記載の位置検出装置であって、前記光電検出器を第1の光電検出器とし、該第1の光電検出器の光電変換信号に基づいて求められる前記位置検出マークの位置を第1の位置として、

前記互いに波長の異なる複数対の光ビームのそれぞれについて前記位置検出マークより前記所定の同一方向とは異なる同一方向に発生する干渉光をまとめて受光する第2の光電検出器を設け、

該第2の光電検出器による光電変換信号より抽出された前記変調手段における互いに異なる周波数差に対応した異なる周波数の複数の信号成分に基づいて、前記位置検出マークの前記異なる波長毎の第2の位置を求めることを特徴とする位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ヘテロダイン干渉方式で格子状マークの位置を検出する位置検出装置に関し、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子又は有機EL素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程でマスクパターンを感光基板上に転写す

2

るために用いられる投影露光装置に備えられ、感光基板上のアライメントマークの位置を検出するためのアライメントセンサに使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクル（又はフォトマスク等）に形成された転写用パターンを、投影光学系を介して感光基板としてのフォトリソグが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に投影する投影露光装置が使用されている。このような投影露光装置においては、露光に先立ってレチクルとウエハ上の各ショット領域との位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。そのため、ウエハ上の各ショット領域の近傍にはそれまでの工程においてアライメントマーク（ウエハマーク）が形成されており、アライメントセンサによってそのアライメントマークの位置を検出することで、ウエハの各ショット領域（より正確には各ショット領域内に形成されている回路パターン）の正確な位置を検出できるようになっている。

【0003】従来のアライメントセンサ中で、特に高精度に位置検出を行うことができるセンサの方式として、例えば特開平2-227602号公報で開示されているように、回折格子状のアライメントマークに対して可干渉で僅かに周波数の異なる1対のレーザビームを検出光として照射し、そのマークから同一方向に発生する1対の回折光からなる干渉光（ヘテロダインビーム）を光電変換して得られるビート信号の位相に基づいて、そのマークの位置を検出する所謂2光束ヘテロダイン干渉方式が知られている。以下ではその2光束ヘテロダイン干渉方式を、「LIA（Laser Interferometric Alignment）方式」と呼ぶ。

【0004】これに関して、一般にウエハの表面に形成されるアライメントマークは段差を有する凹凸マークであるが、半導体加工工程のエッチングやスパッタリング等のプロセスにより、あるいはフォトリソグの塗布むらにより、多少の非対称性を有している。そして、この非対称性が位置検出精度を低下させる。LIA方式においては、アライメントマークの非対称性はそのマークの振幅反射率の非対称性として位置検出精度に悪影響を及ぼす。即ち、アライメントマークに非対称性（中心に関して対称な位置でのマークの深さの差、あるいはレジスト厚の差）があると、そのマークの振幅反射率（深さ及びレジスト厚により絶対値及び位相が変化する）に非対称性が生じる。この結果、そのマークより発生する回折光も、所定方向（これを+方向とする）に生じる+1次回折光と、それとは逆の方向に生じる-1次回折光とで強度や位相が異なったものとなってしまう。この内、強度の相違は位置検出精度に影響を及ぼさないが、位相の相違により位置検出値に大きな誤差を生じることになる。

(3)

特開平10-22207

3

【0005】ところで、アライメントマークの振幅反射率はそのマークの深さ及びレジスト厚だけでなく、検出光の波長によっても大きく変動する。そのため、LIA方式のアライメントセンサの検出光が単色光である場合には、レジスト厚や、アライメントマークの段差等のマーク形状によって、そのマークから発生する特定次数の回折光からなる干渉光の強度が低下して、そのマークの位置の検出精度が極端に悪化することがある。

【0006】図10は、そのように単色の検出光を用いて、所定膜厚のフォトリソが塗布されたウエハ上の所定段差の回折格子状のアライメントマークの位置をLIA方式で検出する場合の検出誤差のシミュレーション結果を示し、この図10において、横軸は検出光の波長(μm)を示している。そして、点線の曲線58Bは、そのマークから垂直上方に発生する±1次回折光よりなる干渉光(ビート周波数で強度が正弦波状に変化している光束)の光量変化の振幅を示し、これに対応する図10の縦軸はその光量変化の振幅の相対値を表す。また、実線の曲線58Aは、その干渉光の位相より検出されるマーク位置の検出誤差を示し、これに対応する図10の縦軸はその検出誤差(μm)を表している。

【0007】なお、図10、及び後述の図11に示したシミュレーション結果は、共に或る程度の非対称性を持ったアライメントマークについての解析結果である。図10より分かるように、その干渉光の振幅(曲線58B)が小さくなると、そのマーク位置の検出誤差(曲線58A)が大きくなる。図10のマーク条件下では、検出光の波長が、633μm、即ちHe-Neレーザ光の波長であるときに、干渉光の光量変化の振幅が極端に小さくなって、マーク位置の検出誤差が非常に大きくなってしまふ。

【0008】そこで、或る単一の波長で干渉光の光量変化の振幅が極端に小さくなるようなマーク条件下での検出精度の悪化を避けるために、検出光を複数波長化して、これら複数の波長毎の干渉光を同時に受光し、合成された干渉光の光量変化に基づいてアライメントマークの位置を検出する所謂「多波長LIA方式」が提案されている。検出光の波長を複数とすれば、各波長によってそのマークの振幅反射率が異なり、ひいては位置検出結果も異なったものとなる。従って、検出光の波長を複数とし、実質的に各々より得られる位置検出値を平均化することにより、より高精度の位置検出が可能となる。具体的に、図10のマーク条件下では、検出光を例えばHe-Neレーザ光(波長:0.633μm)と、波長が0.670μmの半導体レーザ光との2色とし、He-Neレーザ光での干渉光の光量変化の振幅が小さい場合には、主に半導体レーザ光よりなる干渉光に基づいて位置検出を行うことによって、平均化効果でマーク位置を高精度に検出することができる。

【0009】あるいは、特定のただ1組の次数方向への

4

回折光のみを検出するのではなく、例えば1次回折光同士(±1次回折光)の第1の干渉光、0次光と+2次回折光との第2の干渉光、及び0次光と-2次回折光との第3の干渉光を検出し、3個の干渉光の光電変換信号の位相に基づいてアライメントマークの位置を検出する方式(以下、「複数次数LIA方式」と呼ぶ)も提案されている。この場合の信号処理方法としては、例えば第1の干渉光より1次回折光に基づく第1の位置検出値を求め、第2の干渉光及び第3の干渉光より得られた2つの位置検出値の平均値を、0次光と2次回折光とに基づく第2の位置検出値とする。そして、第1の干渉光の光電変換信号の振幅と、第2及び第3の干渉光の光電変換信号の振幅の平均値とを比較し、振幅の大きい方の位置検出値を採用すればよい。

【0010】図11(a)及び(b)は、異なる次数方向への回折光を用いてLIA方式で位置検出を行う場合の検出誤差のシミュレーション結果を示し、図11(a)及び(b)の横軸はアライメントマークの段差(マーク段差)(μm)、縦軸は検出誤差(μm)を示している。そして、図11(a)の点線の曲線59Bは、そのマークから発生する±1次回折光よりなる干渉光の光量変化の振幅(相対値)を示し、実線の曲線59Aは、その干渉光より検出されるマーク位置の検出誤差を示している。また、図11(b)の点線の曲線60Bは、そのマークから発生する0次光及び2次回折光よりなる干渉光の光量変化の振幅(相対値)を示し、実線の曲線60Aは、その干渉光より検出されるマーク位置の検出誤差を示している。

【0011】図11に示すとおり、各回折次数の干渉光の光量変化の振幅は、マーク段差等の検出対象のマーク形状の微妙な変化により大きく変動する。例えば、図11(a)より分かるように、マーク段差が1.08μmのとき、±1次回折光よりなる干渉光の振幅(曲線59B)は極めて小さくなり、その結果、±1次回折光による検出誤差(曲線59A)は極めて大きくなる。しかし、同じマーク段差であっても図11(b)に示すとおり、0次光と2次回折光との干渉光の振幅(曲線60B)は比較的大きく、その結果2次回折光による検出誤差(曲線60A)も小さくなっている。従って、その複数次数LIA方式によれば、マーク段差等が変化しても高精度にマーク位置を検出することができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来の多波長LIA方式によれば、マーク形状の異なるアライメントマークに対しても平均化効果によって高精度に位置検出を行うことができる。しかしながら、従来の多波長LIA方式では、複数波長の干渉光を同時に同一の光電変換器で検出しているため、検出光を形成する複数波長の光束の強度が互いに異なる場合に、マーク位置の検出結果が強度の最も強い波長の光束による検出結果側に

(4)

特開平10-22207

5

5

ずれて、本来の平均化効果が得られないという不都合があった。

【0013】また、従来の複数次数LIA方式を使用する場合でも、更に検出光を複数次波長化することによって、平均化効果で検出精度が向上することが予想される。しかしながら、例えば0次光と+2次回折光との干渉光、及び0次光と-2次回折光との干渉光をそれぞれ複数次波長化して受光しようとする、複数次波長の回折光によって干渉光の光量変化が相殺されて、全波長について合成された0次光と2次回折光との干渉光の光電変換信号の振幅が小さくなり、高精度に位置検出を行うことができない場合があった。

【0014】本発明は斯かる点に鑑み、多波長LIA方式で格子状のマークの位置検出を行う場合に、検出光を形成する複数次波長の光束の強度が互いに異なる場合であっても、正確な平均化効果によって高精度にそのマークの位置検出を行うことができる位置検出装置を提供することを目的とする。更に本発明は、多波長LIA方式で、且つ複数次数LIA方式の位置検出を行う場合に、異なる組の次数毎にそれぞれ正確な平均化効果を得て高精度に位置検出を行うことができる位置検出装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の位置検出装置は、例えば図1及び図2に示すように、被検物(W)上に形成された格子状の位置検出マーク(9)に対して、それぞれ互いにコヒーレントで所定の周波数差を有する第1及び第2の光ビームよりなり互いに波長の異なる複数次の光ビーム(L_{1,n}, L_{1,n}, L_{2,n}, L_{2,n}, L_{3,n}, L_{3,n}, L_{4,n})を照射し、それら互いに波長の異なる複数次の光ビームのそれぞれについて、位置検出マーク(9)より所定の同一方向に発生する複数の回折光よりなる干渉光(L_d)を受光し、この受光された干渉光に基づいて位置検出マーク(9)の位置を検出する位置検出装置において、位置検出マーク(9)に照射される複数次の光ビームの各対を互いに異なる周波数差で変調する変調手段(A_{1,0}, A_{1,n}, A_{2,0}, A_{2,n}, A_{3,0}, A_{3,n})と、それら互いに波長の異なる複数次の光ビームのそれぞれについて位置検出マーク(9)より発生する干渉光(L_d)をまとめて受光する光電検出器(PD)と、この光電検出器による光電変換信号(S_{1q})よりその変調手段における互いに異なる周波数差に対応した異なる周波数の複数の信号成分(S_{1q1}, S_{1q2}, S_{1q3})を抽出するフィルタ手段(20)と、を備え、このフィルタ手段からの複数の信号成分に基づいて位置検出マーク(9)のそれぞれ異なる波長毎の位置を求めるものである。

【0016】斯かる本発明によれば、互いに波長の異なる複数次の光ビームを用いることによって、多波長LIA方式で位置検出マーク(9)の位置検出が行われる。検出光の波長を複数次とすれば、各波長によって位置検出

マーク(9)の振幅反射率が異なり、ひいては位置検出結果も異なったものとなる。従って、複数次波長の干渉光の各々より得られる位置検出値を例えば平均化することにより、より高精度の位置検出が可能となる。この際に問題となるのは、位置検出マーク(9)より同一方向に発生する干渉光より、如何にして各波長毎の信号成分(ビート信号)を取り出すかである。例えばダイクロイックミラー等の波長選択素子を用いて干渉光の段階で波長毎に分離する方法も考えられるが、この方法では検出光学系が複雑化し、且つ大型化してしまう。

【0017】本発明では検出光学系を簡素化するため、位置検出マーク(9)に照射される波長の異なる複数次の光ビームを波長毎に異なる周波数差で周波数変調する。LIA方式では、位置検出マーク(9)に照射される各対の光ビームは所定の周波数差を有し、この周波数差が得られるビート信号の周波数(ビート周波数)となるため、本発明では波長毎のビート周波数が異なるようになる。従って、合成された干渉光を光電検出器(PD)で受光し、光電検出器(PD)から出力される光電変換信号を例えばそれぞれ異なるビート周波数の信号を通過させる複数のバンドパスフィルタ回路に供給することによって、各波長毎のビート信号が得られ、これらのビート信号の位相より各波長毎の位置検出マーク(9)の位置が求められる。その後、各波長毎の位置を例えば平均化することで、位置検出マーク(9)の位置が高精度に検出される。

【0018】この場合、位置検出マーク(9)のそれぞれ異なる波長毎の位置に、光電検出器(9)による光電変換信号より抽出したそれら複数の信号成分中の対応する信号成分の振幅の大きさ、及び位置検出マーク(9)に照射されるそれら複数次の光ビーム中の対応する光ビームの強度の逆数にそれぞれ比例する重みを乗じて平均した加重平均をもって、位置検出マーク(9)の位置とすることが望ましい。

【0019】これに関して、既に説明した通り、一般に或る波長の干渉光の光量変化の振幅、ひいてはその波長の信号成分の振幅が小さいと、その波長による位置検出値は大きな誤差を含んでいる確率が高い。従って、その波長の信号成分の振幅に比例する重みをその波長の検出値に乘ずることで、その検出値の重み付けが行われる。但し、その信号成分の振幅は、位置検出マーク(9)に照射される段階でのその波長の光ビームの強度にも比例するため、この照射段階での光ビームの強度をも計測しておき、この強度の逆数でその重みを補正することによって、より正確な重み付けが行われる。このような重み付けを行った各波長毎の位置検出値を平均化する(加重平均する)ことによって、上記の大きな誤差を含んでいる確率が高い波長による位置検出値には、平均化時に自動的に小さな重みしかかからず、最終的な位置検出マーク(9)の位置検出値として、より高精度な結果を得る

(5)

特開平10-22207

7

8

ことができる。

【0020】次に、本発明による第2の位置検出装置は、その第1の位置検出装置において、例えば図6に示すように、その光電検出器(PD)を第1の光電検出器とし、この第1の光電検出器(PD)の光電変換信号(S1q)に基づいて求められる位置検出マーク(9)の位置を第1の位置として、それら互いに波長の異なる複数対の光ビームのそれぞれについて位置検出マーク(9)よりその所定の同一方向とは異なる同一方向に発生する干渉光(Ld20)をまとめて受光する第2の光電検出器(PD20)を設け、この第2の光電検出器による光電変換信号(S1q20)より抽出されたその変調手段における互いに異なる周波数差に対応した異なる周波数の複数の信号成分に基づいて、位置検出マーク(9)のその異なる波長毎の第2の位置を求めるものである。

【0021】この第2の位置検出装置によれば、多波長LIA方式で、且つ複数次数LIA方式で位置検出が行われる。この際に、第1の光電検出器(PD)に向かう干渉光(例えば±1次回折光よりなる)とは異なる方向に発生する干渉光(Ld20)(例えば0次光と+2次回折光よりなる)についても、各波長毎に異なる周波数差で変調されているため、信号処理段階で容易に各波長毎のビート信号に分離できる。従って、後者の干渉光についても、複数次波長の回折光の相殺効果でマーク位置が検出できないという恐れは全くなり、正確な平均化効果を得て高精度に位置検出を行うことができる。この場合にも、更に各波長毎の信号成分の振幅で重み付けをして加重平均を行うことによって、より正確に位置検出が行われる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明による位置検出装置の第1の実施の形態につき図面を参照して説明する。本例は、投影露光装置に備えられたオフ・アクシス方式で、且つ多波長LIA方式のアライメントセンサに本発明を適用したものである。先ず、図9は本例のアライメントセンサを備えたステッパ型の投影露光装置の一例を示し、この図9において、照明光学系51からの露光用の照明光(水銀ランプのi線等の線光、又はエキシマレーザ光等)ILはレチクルRの下面(パターン形成面)のパターンを均一な照度分布で照明し、そのパターンが投影光学系PLにより投影倍率 β (β は例えば1/5)で縮小されて、フォトリソが塗布された半導体ウエハ(以下、単に「ウエハ」という)W上の各ショット領域に投影される。以下では、投影光学系PLの光軸AXPに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図9の紙面に平行にX軸を取り、図9の紙面に垂直にY軸を取って説明する。

【0023】レチクルRは、このレチクルRをX方向、Y方向に位置決めすると共に、所望の角度だけ回転して固定するレチクルステージ52上に保持されている。一

方、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージ10に保持されている。ウエハステージ10は、X方向及びY方向にウエハWの位置決めを行うと共に、ウエハWの2方向の位置(フォーカス位置)を制御し、且つウエハWの傾斜角の補正を行う。また、ウエハステージ10の上面にその表面がウエハWの表面と同じ高さになるように基準マーク部材57が固定され、基準マーク部材57の表面にベースライン画(レチクルRのパターン像の中心とアライメントセンサの検出中心との間隔)の計測等に用いられる基準マークが形成されている。

【0024】更に、ウエハステージ10上に固定された移動鏡11と、対向するように配置されたレーザ干渉計12とによりウエハステージ10(ウエハW)のX座標、及びY座標が常時0.01 μ m以下の分解能で計測されている。このようにレーザ干渉計12により計測される座標に基づいて定まる座標系を、ステージ座標系(X、Y)と呼ぶ。レーザ干渉計12により計測された座標は装置全体の動作を統括制御する主制御系53に供給され、その供給された座標に基づいて主制御系53は、ウエハステージ駆動系54を介してウエハステージ10の位置決め動作を制御する。具体的に、ウエハW上の或るショット領域への露光が終了すると、ウエハステージ10のステッピング動作によって次のショット領域を投影光学系PLの露光フィールド内に位置決めして露光を行うという、ステップ・アンド・リピート方式で露光が行われる。

【0025】また、図9の投影露光装置には、ウエハW上の各ショット領域に付設された位置検出マークとしてのアライメントマーク(ウエハマーク)の座標を検出するための、オフ・アクシス方式で且つ多波長LIA方式のアライメントセンサが設けられ、このアライメントセンサはアライメント光学系55、及び信号処理系56より構成されている。このアライメントセンサの詳細な構成については後述する。

【0026】検出対象のアライメントマークに対するアライメント光学系55からの検出信号DSは、信号処理系56に供給され、信号処理系56では、その検出信号DSを処理して各波長毎の位置情報を求め、この位置情報を主制御系53に供給する。主制御系53ではその位置情報に基づいて、検出対象のアライメントマークの座標を求める。そして、主制御系53では、例えばウエハW上の所定個数のショット領域(サンプルショット)に付設されたアライメントマークの座標の計測値、及びそれらアライメントマークの設計上の配列座標より所謂エンハンスト・グローバル・アライメント(EGA)方式で、ウエハW上の全部のショット領域のステージ座標系での配列座標を算出する。

【0027】また、アライメント光学系55の検出中心からレチクルRのパターン像の中心(露光中心)までの

(6)

特開平10-22207

9

距離であるベースライン量は、予め基準マーク部材57を用いて求められて主制御系53内の記憶装置に記憶されている。従って、主制御系53は、算出された配列座標をそのベースライン量で補正して得られた座標に基づいてウェハステージ10を駆動することにより、ウェハ上の各ショット領域に高い重ね合わせ精度でレジクルのパターン像を転写できる。

【0028】次に、図1～図5を参照して、本例の多波長LIA方式のアライメントセンサのアライメント光学系55、及び信号処理系56の構成につき詳細に説明する。以下では計測方向がX方向（X軸に平行な方向）のアライメントマークを検出する機構につき説明するが、計測方向をY方向とするアライメントマークについても同様の機構で検出される。

【0029】図1は、本例のアライメント光学系55の要部の概略構成、及び信号処理系56を示し、図2はそのアライメント光学系55の光源系を示す。先ず、図2の光源系において、互いに異なる波長の異なる3つのレーザ光源61A、61B、61Cから射出された異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ のレーザビーム L_{10}, L_{20}, L_{30} は、それぞれハーフミラーM10、M20、M30で2分割され、ハーフミラーM10、M20、M30を透過した光束はそれぞれ音響光学素子（AOM） A_{1n}, A_{2n}, A_{3n} に入射し、ハーフミラーM10、M20、M30で反射された光束はそれぞれミラーM11、M21、M31を介して音響光学素子 A_{1o}, A_{2o}, A_{3o} に入射する。本例では一例として、音響光学素子 A_{1o}, A_{2o}, A_{3o} にそれぞれ80MHzの音響信号を印加すると共に、対応する音響光学素子 A_{1n}, A_{2n}, A_{3n} にはそれぞれ（80MHz + $\Delta f 1$ ）、（80MHz + $\Delta f 2$ ）、80MHz + $\Delta f 3$ の異なる周波数（振動数）の音響信号を印加する。

【0030】即ち、周波数差（振動数差） $\Delta f 1, \Delta f 2, \Delta f 3$ は互いに異なる値であり、後述のようにこれらの周波数差 $\Delta f 1, \Delta f 2, \Delta f 3$ が各波長毎に得られるビート信号の周波数（ビート周波数）となる。そのため、検出用の光電検出器及び信号処理系の応答速度から、周波数差 $\Delta f 1, \Delta f 2, \Delta f 3$ は数100Hzから数10kHzの間に設定するとよい。例えば周波数差 $\Delta f 1$ が25kHzに設定されるときには、他の周波数差 $\Delta f 2, \Delta f 3$ は25kHzと異なる値に設定される。音響光学素子 $A_{1n}, A_{2n}, A_{3n}, A_{1o}, A_{2o}, A_{3o}$ ではそれぞれ入射した光束を回折して射出すると共に、回折された光束の周波数を印加された音響信号の周波数だけシフトさせる。

【0031】例えば音響光学素子 A_{1o} 及び A_{1n} から射出される回折光よりなる光束 L_{1o}, L_{1n} は、それぞれレーザ光源61Aからの射出時に比べて周波数が80MHz及び（80MHz + $\Delta f 1$ ）だけシフトしている。但し、一般にレーザビーム L_{1o} 等の光の周波数はTHzの

10

オーダーであり、音響光学素子における周波数のシフト量は極めて僅かな値に過ぎないため、光束 L_{1o} 及び L_{1n} の波長はほぼ λ_1 のままであるとみなすことができる。同様に、音響光学素子 A_{2o} 及び A_{2n} から射出される回折光よりなる光束 L_{2o}, L_{2n} は、それぞれ周波数が80MHz及び（80MHz + $\Delta f 2$ ）だけシフトし、音響光学素子 A_{3o} 及び A_{3n} から射出される回折光よりなる光束 L_{3o}, L_{3n} は、それぞれ周波数が80MHz及び（80MHz + $\Delta f 3$ ）だけシフトしている。従って、第1の1対の光束 L_{1o}, L_{1n} の周波数差 $\Delta f 1$ 、第2の1対の光束 L_{2o}, L_{2n} の周波数差 $\Delta f 2$ 、及び第3の1対の光束 L_{3o}, L_{3n} の周波数差 $\Delta f 3$ は互いに異なっている。

【0032】そして、第1の1対の光束 L_{1o}, L_{1n} は、波長 λ_1 の光束を反射するダイクロイックミラーDM1で反射された後、波長 λ_1 の光束を透過して波長 λ_1 の光束を反射するダイクロイックミラーDM2で第2の1対の光束 L_{2o}, L_{2n} と平行になる。その後、それら2対の光束は、波長 λ_1, λ_2 の光束を透過して波長 λ_1 の光束を反射するダイクロイックミラーDM3によって第3の1対の光束 L_{3o}, L_{3n} と平行になって、図1のアライメント光学系55の検出系に入射する。

【0033】なお、レーザ光源61A～61Cとして半導体レーザを用いる場合、各レーザ光源とハーフミラーM10、M20、M30との間に非点収差除去用の整形光学系を用いたほうがよい。また、それ以外の場合にも、合成後に各波長の光束の径がほぼ等しくなるように、整形光学系を用いることが好ましい。ところで、図2の構成においては、周波数シフトとして音響光学素子を用いたが、周波数シフトとして例えば回転ラジアルグレーティングを用いてもよく、更には、レーザ光源61A～61Cとしてゼーマンレーザのように周波数の異なる1対のレーザビームを射出する光源を用いてもよい。

【0034】図1において、図2の光源系から供給された第1の1対の光束 L_{1o}, L_{1n} 、第2の1対の光束 L_{2o}, L_{2n} 、及び第3の1対の光束 L_{3o}, L_{3n} は、光軸に関してはほぼ対称に調整光学系4に入射し、その後各対の一方の光束 L_{1o}, L_{2o}, L_{3o} は、調整光学系5を経てハーフミラーHMに入射し、各対の他方の光束 L_{1n}, L_{2n}, L_{3n} は調整光学系6を経てハーフミラーHMに入射する。調整光学系4、5、6は、それぞれ傾斜角可変の平行平板ガラス（ハーピング）よりなり、傾斜角の調整によって入射する光束を2次元的に傾斜させることができる。

【0035】そして、ハーフミラーHMで反射された3対の光束 $L_{1o}, L_{1n}, L_{2o}, L_{2n}, L_{3o}, L_{3n}$ 、及び光束 L_{1o}, L_{1n} は、それぞれ対物レンズ7によって、ウェハW上のX軸のアライメントマーク9上交差するように入射し、アライメントマーク9上に干渉縞が形成される。アライメントマーク9は、X方向にピッチPで形成された

(7)

特開平10-22207

11

凹凸の回折格子状マークであり、その上に形成される干渉縞のピッチ方向もX方向である。この干渉縞は、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ の3色の干渉縞が合成されたものであり、且つ各波長毎に1対の光束の周波数差が $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ であるため、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ の干渉縞の強度分布はそれぞれ周波数差 $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ に比例した速度でアライメントマーク9上を等速度でX方向に移動するように変化する。

【0036】また、3対の光束 L_{10}, L_{1n} (波長 λ_1)、光束 L_{20}, L_{2n} (波長 λ_2)、及び光束 L_{30}, L_{3n} (波長 λ_3)は、ピッチPのアライメントマーク9に対してそれぞれ ± 1 次の回折光の方向から対称に入射している。即ち、波長 λ_n ($n=1, 2, 3$)の1対の光束 L_{n0}, L_{nn} の入射角を θ_n とすると、入射角 θ_n は次式を満たしている。

$$[\text{0037}] \sin \theta_n = \pm \lambda_n / P \quad (1)$$

このとき、形成される波長 λ_n の干渉縞の振幅のピッチはアライメントマーク9のピッチPと等しくなる。このような関係は従来のLIA方式の場合と同じであり、従ってアライメントマーク9から各波長 λ_n 毎に、垂直方向に両光束 L_{n0}, L_{nn} のそれぞれの ± 1 次回折光及び ± 1 次回折光が重なって発生する。以下、この重なりあった波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ の3対の回折光を「 ± 1 次回折光Ld」と呼ぶ。

【0038】なお、(1)式のような入射角 θ_n を實現するためには、それぞれの対になる光束 L_{n0}, L_{nn} 同士的光軸からの間隔D_nを、次のように設定すればよい。但し、fは対物レンズ7の焦点距離である。

$$D_n = f \cdot \sin \theta_n = \pm f \cdot \lambda_n / P \quad (2)$$

その各対の光束同士的光軸からの間隔D_nは、図2に示した各対の音響光学素子の間隔、及びハーフミラーM10、M20、M30と、対応するミラーM11、M21、M31との間隔を適当に定めることで、調節可能である。あるいは、図2の各音響光学素子とダイクロイックミラーDM1、DM2、DM3との間に平行平板ガラス(ハーピング)を設け、このハーピングの回転により対応する光束同士的光軸からの間隔D_nを調節することもできる。

【0039】また、図1中の調整光学系4、5、6を使用することにより、各対の光束のアライメントマーク9への入射角を調整し、各対の光束をアライメントマーク9に正しく対称に入射させることができる。上記のようにハーフミラーHMで反射された3対の光束 L_{10}, L_{1n} 、光束 L_{20}, L_{2n} 、及び光束 L_{30}, L_{3n} を対物レンズ7を介してアライメントマーク9に照射することによって、アライメントマーク9から垂直方向に ± 1 次回折光Ldが発生する。 ± 1 次回折光Ldは、対物レンズ7を経てハーフミラーHMを透過して、フォトダイオード等の光電検出器PDに入射し、この光電検出器PDでの光電変換によって光量に対応した合成ビート信号Sigに

12

変換されて、信号処理系56内の周波数分離器20に供給される。この合成ビート信号Sigは、対になる入射光束の周波数差 $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ に応じた速度で移動するように明暗が変化する干渉縞と、静止しているアライメントマーク9との相対変位により、時間と共に正弦波状に強度が変化する3波長のビート信号の合成信号であり、これら3波長のビート信号の周波数は $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ である。なお、アライメントマーク9からは ± 1 次回折光Ld以外にも様々な方向へ回折光が発生する。従って、光電検出器PDに入射する光束が ± 1 次回折光Ldのみとなるように、空間フィルタ13が ± 1 次回折光Ldの光路に設けられている。

【0040】一方、調整光学系4、5、6を経てハーフミラーHMに入射した3対の光束の中で、ハーフミラーHMを透過した各対の一方の光束 L_{n0} ($n=1, 2, 3$)は調整光学系14を経て集光レンズ16に向かい、各対の他方の光束 L_{nn} は調整光学系15を経て集光レンズ16に向かい、集光レンズ16によって集光された光束 L_{n0}, L_{nn} は、透過率がほぼ100%の明部と0%の暗部とが周期的に繰り返される参照グレーティングRG上に干渉縞を形成する。調整光学系14、15も、傾斜角可変の平行平板ガラス(ハーピング)より形成されている。そして、その干渉縞も各色毎に周波数 $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ に比例する速度で移動するように明暗が変化する。参照グレーティングRGの明暗のピッチは、その干渉縞の明暗のピッチと等しく設定されている。この結果、参照グレーティングRGによる一方の光束 L_{n0} の ± 1 次回折光、及び他方の光束 L_{nn} の ± 1 次回折光は平行に干渉光としてフォトダイオード等からなる光電検出器RPDに入射し、光電検出器RPDでその干渉光を光電変換して得られた光量信号である参照合成ビート信号が信号処理系56内の周波数分離器21に供給される。この参照合成ビート信号も周波数がそれぞれ $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ の各波長毎の参照ビート信号を合成した信号である。このとき、集光レンズ16の色収差のために、波長により干渉縞のピッチずれが生じる恐れがある。このピッチずれを調整光学系14、15を用いて補償する。

【0041】上記の光電検出器PDから出力される合成ビート信号Sigより、周波数分離器20においてそれぞれ各波長のビート周波数 $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ に等しい周波数を有する各波長毎のビート信号Sig1~Sig3が抽出され、これらのビート信号Sig1~Sig3はそれぞれ個別に位相差検出器RP1、RP2、RP3の一方の入力部に供給される。また、光電検出器RPDから出力される参照合成ビート信号より、周波数分離器21においてそれぞれビート周波数 $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3$ に等しい周波数を有する各波長毎の参照ビート信号Ref1~Ref3が抽出され、これらの参照ビート信号Ref1~Ref3はそれぞれ個別に位相差検出器RP1、RP2、RP3の他方の入

(8)

特開平10-22207

13

力部に供給される。即ち、位相差検出器R P n (n = 1, 2, 3)にはそれぞれ、同じ周波数成分のビート信号S_{iqn}、及び参照ビート信号Ref_nが供給され、位相差検出器R P nではそれぞれ参照ビート信号Ref_nに対するビート信号S_{iqn}の位相差を検出し、この位相差をウェハステージ10上でのX方向への位置ずれ量X_nに換算して図9の主制御系53に供給する。

【0042】本例においても、従来のシム方式のアライメントセンサを使用する場合と同様に、実際の位置検出に先立ってベースライン量の計測、即ち所謂ベースラインチェックを行う必要がある。そのためには、例えば図9の基準マーク部材57上の第1の基準マークをレチクルRの投影像の中心に位置決めした状態で、基準マーク部材57上の第2の基準マークとしての基準回折格子マークにアライメント光学系55より3対の光束を照射して、周波数分離器20から出力されるビート信号S_{iq1}～S_{iq3}と、周波数分離器21から出力される参照ビート信号Ref1～Ref3との位相関係が調べられる。具体的に、3対の光束のアライメントマーク9への入射時の強度が同一である場合には、例えば参照ビート信号Ref1～Ref3に対するビート信号S_{iq1}～S_{iq3}の位相差をウェハステージ10上でのX方向への位置ずれ量X₁、X₂、X₃に換算し、この平均値 $(X_1 + X_2 + X_3) / 3$ を求める。

【0043】また、基準マーク部材57上のその第1の基準マークと第2の基準マークとのX方向の間隔をB X₀とすると、この間隔B X₀にその平均値 $(X_1 + X_2 + X_3) / 3$ を加算して得られる間隔がX方向のベースライン量となる。その後、ウェハWのアライメント時に上述のように、計測対象のアライメントマークについて、各波長毎のX方向への位置ずれ量X_nを検出した際には、主制御系53では例えばそれらの位置ずれ量の平均値 $(X_1 + X_2 + X_3) / 3$ を求め、この平均値を相殺するようにウェハステージ10をX方向に移動する。そして、この動作を繰り返してその位置ずれ量の平均値が0になるときのウェハステージ10のX座標をそのアライメントマークのX座標とする。その後、このX座標に上述のX方向のベースライン量の補正を行うことによって、そのアライメントマークの属するショット領域を正確に露光位置に位置決めできる。なお、Y方向についても同様に、予め計測されたベースライン量に基づいて位置決めが行われる。

【0044】なお、本例においては、複数波長の検出光と複数の位相差検出器R P nとを使用するが、上記のように調整光学系4, 5, 6, 14, 15を用いて各波長での色収差を補償しておけば、ベースラインチェックは何れか1つの波長の検出光の位相差検出器(R P 1～R P 3の何れか)だけの検出結果により行うこともできる。あるいは、ベースラインチェックを検出光の波長毎に波長の数だけ行ってもよい。この場合、装置はベースライン量を波長の数だけ管理(保管)することになる。

14

が、アライメントマーク9上あるいは参照グレーティングR G上の干渉縞の位置が波長毎に異なってもよい。ため、上記の調整光学系4, 5, 6, 14, 15による干渉縞の位置関係の調整が容易になるという利点がある。

【0045】また、本例において、3波長の各対の光束L_{1,1}、L_{1,2}、光束L_{2,1}、L_{2,2}、及び光束L_{3,1}、L_{3,2}の強度が異なるときには、強度が小さい光束程、検出結果の信頼性が低下することになる。そこで、3波長の各対の光束の強度が異なるときには、ベースラインチェック時に各波長の光束L_{1,1}、L_{1,2} (n = 1, 2, 3)の強度P₁～P₃を検出する必要がある。なお、強度P₁～P₃の代わりに強度比を検出してもよい。

【0046】この強度P₁～P₃は、ベースラインチェック時に基準マーク部材57上の基準回折格子マーク(第2の基準マーク)からの各周波数毎の、即ち各波長毎のビート信号S_{iq1}～S_{iq3}の振幅を求めることで検出することができる。本例における基準回折格子マークとしては、従来例と同様に、例えば石英ガラスプレートよりなる基準マーク部材57上にクロム薄膜をパターンニングした「強度格子」を使用する。一般に、ウェハW上のアライメントマーク9が凹凸のパターンよりなる「位相格子」であるのに対し、「強度格子」である基準回折格子マークの回折効率は検出光の波長に依存しない。また、クロムの反射率も位置検出に使用する波長帯(一般には0.5 μmから0.8 μm程度)では殆ど変化しない。このため、基準回折格子マークからの各波長毎のビート信号S_{iq1}～S_{iq3}の振幅を検出することで、各波長の検出光の強度P₁、P₂、P₃を検出することができる。また、これらの強度P₁～P₃より強度比を求めることもできる。そのようにして求めた強度P₁～P₃は、実際のアライメントマーク9の位置検出を行う場合の各波長毎の光束のアライメントマーク9に対する入射時の強度とみなすことができる。

【0047】図3(a)～(c)は、ウェハW上のアライメントマーク9の位置検出時に得られる各波長毎のビート信号S_{iq1}～S_{iq3}、及び参照ビート信号Ref1～Ref3の一例をそれぞれ示し、図3(a)～(c)の横軸は時間t、縦軸は信号レベルを表している。この場合、参照ビート信号Ref1～Ref3、及びビート信号S_{iq1}～S_{iq3}の周波数は、波長毎に異なっている。そして、各波長毎のアライメントマーク9の位置ずれ量X₁～X₃は、例えば各波長毎の参照ビート信号Ref1～Ref3とそれぞれ対応するビート信号S_{iq1}～S_{iq3}との位相差d p₁～d p₃に、それぞれ所定の係数を受ずることによって求めることができる。

【0048】本例においては、更に図1の信号処理系56内の周波数分離器20において、各波長毎のビート信号S_{iq1}～S_{iq3}の振幅a₁～a₃をも求め、これらの振幅a₁～a₃を図9の主制御系53に供給する。そして、

(9)

特開平10-22207

15

16

主制御系53では、求められた上記の値より最終的なア *する。

ライメントマーク9の位置ずれ量 X_{nm} を、次式より算出* 【0049】

$$X_{nm} = (X1 \times a1 / P1 + X2 \times a2 / P2 + X3 \times a3 / P3) / (a1 / P1 + a2 / P2 + a3 / P3) \quad (3)$$

この位置ずれ量 X_{nm} に、上述のように予め求めてあるX方向のベースライン量を加算した値が露光位置となる。次に本発明の第2の実施の形態につき図4を参照して説明する。本例はTTL（スルー・ザ・レンズ）方式で、且つ多波長LIA方式のアライメントセンサに本発明を適用したものである。また、本例のアライメントセンサのアライメント光学系は、図1のアライメント光学系5において、対物レンズ7を図9の投影光学系PLとした構成とはほぼ等価であり、図4において図1及び図9に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0050】図4は、本例のアライメントセンサのアライメント光学系62の要部を示し、この図4において、対物レンズ7の代わりの投影光学系PLとハーフミラーHMとの間に光路折り曲げ用のミラーMを設け、このミラーMを投影露光装置のレチクルRと投影光学系PLとの間に配置し、投影光学系PLを介してウエハW上のアライメントマーク9を検出する。このときの光源系は、図2に示したものと同一でよい。但し、光源系より射出される3対の光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ （ $n=1, 2, 3$ ）よりなる平行光束LSが投影光学系PLを介してアライメントマーク9上に集光されるように、補正レンズ16を加える。また、図1中に示した加減調整光学系4、5、6を本例においても使用してもよい。アライメントマーク9からの±1次回折光よりなる3色の干渉光は、投影光学系PL、ミラーM、ハーフミラーHM、及び空間フィルタ13を介して光電検出器PDに入射し、光電検出器PDからの合成ビート信号 S_{1q} が図1の周波数分能器20に供給されている。そして、合成ビート信号 S_{1q} は、周波数別（波長別）のビート信号に分能される。

【0051】また、図4では不図示であるが、平行光束LSの内ではハーフミラーHMで反射された光束が、参照グレーティングRGを介して光電検出器に入射し、この光電検出器より合成参照ビート信号が出力されている。その他の構成は図1の実施の形態と同様であり、合成ビート信号 S_{1q} 及び合成参照ビート信号に基づいて位置検出が行われる。

【0052】次に、本発明による第3の実施の形態につき図5を参照して説明する。本例は、投影光学系のみならずレチクルをも介してウエハ上のアライメントマークの位置を検出するTTR（スルー・ザ・レチクル）方式で、且つ多波長LIA方式のアライメントセンサに本発明を適用したものである。また、図5において図1及び図9に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0053】図5は、本例のアライメントセンサの要部

の構成を示し、この図5において、投影光学系PLの端面（レチクルRのパターン形成面に対する光学的フーリエ変換面）付近には、位置検出用の光束の波長が露光光の波長と異なる（一般に露光光は短波長）ために生じる色収差を制御するための色収差制御板PGPが設けられている。また、図5（a）、（b）は、それぞれ第3の実施の形態の投影光学系PLをアライメントマーク9の計測方向に垂直な方向及び計測方向から見た図である。

【0054】図5において、不図示の光源系からの位置検出用の各波長毎の1対の光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ （ $n=1, 2, 3$ ）は、対物レンズ17及びミラーMを経て仮想面CFで一度交差した後、レチクルRに設けられた透過窓RWに入射する。そして、透過窓RWを通過した光束は、投影光学系PLを介してウエハW上のアライメントマーク9に達し、アライメントマーク9からの±1次回折光 L_d は、投影光学系PL、レチクルRの透過窓RW、ミラーM、及び対物レンズ17を介して光電検出器（不図示）に達する。色収差制御板PGP上には部分的に位相型の回折格子よりなる色収差制御素子PG1、PG2、PG3が設けられており、位置検出用の光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ 及び±1次回折光 L_d は、それぞれ対応する色収差制御素子PG1、PG2、PG3を透過する際に回折されて、特に進行方向は図5中の破線から実線へと偏向される。この偏向作用はレンズによる屈折作用と等価であるため、光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ 及び±1次回折光 L_d の色収差が制御されて、光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ はウエハW上のアライメントマーク9上で交差すると共に、±1次回折光 L_d は透過窓RWを通過することとなる。即ち、検出用の光束のもとで、仮想面CFとウエハWの表面とが共役となる。

【0055】なお、図5の第3の実施の形態の光束 L_{n0} 、 $L_{n\pm}$ の光源系も図2に示したものでよい。但し、位相型回折格子よりなる色収差制御素子PG1～PG3による回折作用は検出光束の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 により異なるので、その光源系にこの波長による差を補償する調整部材を加えてもよい。即ち、各波長の検出光に対して回折作用の差分だけの方向差及び位置差を調整部材により与えておき、結果としてウエハW（アライメントマーク9）上での色収差を補償することができる。また、アライメントマーク9からの回折光を受光する光電検出器及び周波数分能器、位相差検出器についても、上記第1及び第2の実施の形態と同様に構成すればよい。

【0056】次に、本発明の第4の実施の形態につき、図6を参照して説明する。本例は図1の実施の形態と同様にオフ・アクシス方式で、且つ多波長LIA方式のアライメントセンサに本発明を適用したものであるが、本

(10)

特開平10-22207

17

例では更に検出する回折光の次数方向を3方向とし、±1次回折光のみならず、0次光と+2次回折光との干渉光、及び0次光と-2次回折光との干渉光をも検出する複数次数方式としている。

【0057】前述の如く、単色の検出光においては、このように複数の次数方向の回折光を検出する試みはなされていたが、特に0次光と±2次回折光との干渉光を検出する場合、検出光を多色化することは難しかった。なぜなら、0次光と例えば+2次回折光との干渉光のビート信号は、波長によりその位相が大きく異なったものになってしまうためである。即ち、検出光を多色化すると、これらの各波長毎のビート信号の相殺効果により全体としてのビート信号の振幅が極めて小さくなってしまいうためである。本例においては、0次光と±2次回折光との干渉光についても、各波長のビート周波数の違いによって波長毎にビート信号を分離して検出するため、上記の信号の相殺は全くない。

【0058】図6は、本例のアライメント光学系を示し、この図6において、第1の実施の形態と同様に波長別の3対の光束 $L_{1,1}$ 、 $L_{1,2}$ 、 $L_{1,3}$ 、 $L_{2,1}$ 、 $L_{2,2}$ 、 $L_{2,3}$ 、及び光束 $L_{3,1}$ 、 $L_{3,2}$ は、対物レンズ7を介してウェハW上のアライメントマーク9上に照射され、アライメントマーク9から垂直上方に±1次回折光Ldが発生し、この±1次回折光Ldは光電検出器PDによって合成ビート信号Siqに変換され、この合成ビート信号Siqは図1の周波数分離器20と同じ周波数分離器によって各波長毎のビート信号Siq1〜Siq3に分離される。また、光電検出器RPDから出力される合成参照ビート信号Siqrも、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 毎の参照ビート信号Ref1〜Ref3に分離される。

【0059】更に本例では、アライメントマーク9から発生する光束 $L_{1,1}$ 、 $L_{1,2}$ 、 $L_{1,3}$ の0次光と光束 $L_{2,1}$ 、 $L_{2,2}$ 、 $L_{2,3}$ の-2次回折光とからなる干渉光（以下、「2次成分の回折光」と呼ぶ）Ld02を対物レンズ7、及びハーフミラーHMを介して光電検出器PD02で受光し、光電検出器PD02から合成ビート信号Siq02を取り出す。そして、この合成ビート信号Siq02を不図示の周波数分離器に通して、周波数 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 毎（波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 毎）のビート信号Siq021、Siq022、Siq023に分離する。また、アライメントマーク9から発生する光束 $L_{1,1}$ 、 $L_{1,2}$ 、 $L_{1,3}$ の0次光と光束 $L_{3,1}$ 、 $L_{3,2}$ の+2次回折光とからなる干渉光（2次成分の回折光）Ld20を対物レンズ7、及びハーフミラーHMを介して光電検出器PD20で受光し、光電検出器PD20から合成ビート信号Siq20を取り出す。そして、この合成ビート信号Siq20を不図示の周波数分離器に通して、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 毎のビート信号Siq201、Siq202、Siq203に分離する。これらの2次成分の回折光Ld02、Ld20を用いた位置検出方法は、±1次回折光Ldを使用する場合とは異なり、次のようになる。

【0060】即ち、図7（a）〜（c）は、2次成分の

18

回折光Ld02より得られる波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 毎のビート信号Siq021〜Siq023、及び参照ビート信号Ref1〜Ref3の例をそれぞれ示し、図8（a）〜（c）は、2次成分の回折光Ld20より得られる各波長毎のビート信号Siq201〜Siq203、及び参照ビート信号Ref1〜Ref3の例をそれぞれ示し、図7及び図8の横軸は時間t、縦軸は信号レベルを表している。ここでも、アライメントマーク9の位置は、これらのビート信号と参照ビート信号との位相差より直接求められるのではなく、先ず図7について、各波長毎にビート信号Siq02n（n=1, 2, 3）と参照ビート信号Refnとの位相差 $d p 0 2 n$ を求め、図8について、各波長毎にビート信号Siq20n（n=1, 2, 3）と参照ビート信号Refnとの位相差 $d p 2 0 n$ を求める。

【0061】そして、2次成分の回折光Ld02及び回折光Ld20の各波長毎の位相差の平均値 $(d p 0 2 n + d p 2 0 n) / 2$ を算出し、この平均値を2次成分の回折光の各波長毎の位相差値とする。この平均化は、所謂「平均化効果」による精度向上を目的としたものではなく、0次光と±2次回折光との干渉光を検出する場合に原理的に必ず行う必要がある。

【0062】その後、各波長毎に位相差値 $(d p 0 2 n + d p 2 0 n) / 2$ に所定係数を乗ずることによって、それぞれX方向への位置ずれ量 $X 2 n$ （n=1, 2, 3）が算出される。以上のように、2次成分の回折光からも使用する波長の数だけの位置ずれ量（位置検出値）が得られる。そして、やはりこれを各波長毎の信号強度の振幅、及び各波長毎のアライメントマーク9への照明強度の逆数に応じた重みを掛けて加重平均することで、2次成分の回折光を利用した場合の最終的な位置ずれ量が得られる。

【0063】この場合、各波長の信号強度の振幅としては、回折光Ld02より得られる図7の各波長のビート信号Siq02n（n=1, 2, 3）の振幅 $a 0 2 n$ と、回折光Ld20より得られる図8の各波長のビート信号Siq20nの振幅 $a 2 0 n$ とを求め、これらの振幅の平均値 $(a 0 2 n + a 2 0 n) / 2$ を採用するとよい。また、この第4の実施の形態においては、±1次回折光Ldによる検出値と、2次成分の回折光Ld02、Ld20による検出値との2つの位置ずれ量（位置検出値）が求まる。これらの位置検出値の内のどちらを採用するかは、例えばオペレータにより設定可能としておくとよい。あるいは、2つの位置検出値を平均した値、又は回折光の強度で重み付けをして加重平均した値を最終結果として採用してもよい。この場合、後者の重みとなる強度は、一例として±1次回折光Ldの各波長のビート信号の振幅の和と、2次成分の回折光の各波長のビート信号の振幅（これは前述の如く2つのビート信号Siq02n、Siq20nの振幅の平均）の和とする。あるいは、原理的に言っても高次の回折光の光量は少ないので、2次成分側の重みを

(11)

特開平10-22207

19

20

多少大きくしてもよい。

【0064】なお、以上の実施の形態では、検出光束の波長を3波長としたが、これは3波長に限るものではなく、2波長以上を用いれば多波長による平均化効果を得ることができる。そして、より多くの波長を使用すること、より大きな平均化効果を得ることが可能である。このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0065】

【発明の効果】本発明の第1の位置検出装置によれば、多波長LIA方式で格子状の位置検出マークの位置検出を行う場合に、各波長毎の1対の光ビームを互いに異なる周波数差で変調し、光電検出器からの光電変換信号よりフィルタ手段によってその周波数差（ビート周波数）に対応した信号成分（ビート信号）を抽出し、これらの信号成分よりその位置検出マークの各波長毎の位置を求めている。そして、これら各波長毎の位置を例えば平均化することによって、検出光を形成する複数波長の光束の強度が互いに異なる場合であっても、正確な平均化効果によって高精度にそのマークの位置検出を行うことができる利点がある。

【0066】また、各波長毎の信号成分を取り出すためにフィルタ手段を用いているため、ダイクロイックミラー等を用いて光学的に各波長毎の信号成分を取り出す方式に比べて光学系が簡略化され、且つ小型化される利点がある。更に本発明は、オフ・アクシス方式のみならず、TTL方式や、TTR方式といった種々の形態の位置検出系に対しても適用が可能である利点がある。

【0067】また、その位置検出マークのそれぞれ異なる波長毎の位置に、光電検出器による光電変換信号より抽出したそれぞれ複数の信号成分中の対応する信号成分の振幅の大きさ、及びその位置検出マークに照射されるそれぞれ複数の光ビーム中の対応する光ビームの強度の逆数にそれぞれ比例する重みを乗じて平均した加重平均をもって、その位置検出マークの位置とする場合には、信号成分の振幅が小さいときには検出結果の信頼性が低いことが考慮されるため、より正確にその位置検出マークの位置を検出できる利点がある。

【0068】次に、本発明の第2の位置検出装置によれば、多波長LIA方式で、且つ複数波長LIA方式の位置検出が行われる。そして、異なる次数方向への干渉光についても、第1の位置検出装置と同様にそれぞれ各波長毎の信号成分が抽出されて、各波長毎の位置が検出される。従って、異なる組の次数毎にそれぞれ正確な平均化効果を得て高精度に位置検出を行うことができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による位置検出装置の第1の実施の形態

としてのアライメントセンサの要部を示す構成図である。

【図2】図1のアライメントセンサの光源系を示す構成図である。

【図3】図1のアライメントセンサによって得られる3つの波長成分のビート信号及び参照ビート信号を示す波形図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態のアライメントセンサの要部を示す構成図である。

10 【図5】本発明の第3の実施の形態のアライメントセンサの要部を示す構成図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態のアライメントセンサの要部を示す構成図である。

【図7】図6のアライメントセンサによって得られる参照ビート信号、及び2次成分の回折光Ld02の3つの波長成分のビート信号を示す波形図である。

【図8】図6のアライメントセンサによって得られる参照ビート信号、及び2次成分の回折光Ld20の3つの波長成分のビート信号を示す波形図である。

20 【図9】本発明の第1の実施の形態のアライメントセンサを備えた投影露光装置を示す概略構成図である。

【図10】単色光を用いてLIA方式で位置検出を行う場合の検出光の波長による検出誤差の変化を示す図である。

【図11】(a)は±1次回折光を用いてLIA方式で位置検出を行う場合のアライメントマークの段差による検出誤差の変化を示す図。(b)は0次光と2次回折光とを用いてLIA方式で位置検出を行う場合のアライメントマークの段差による検出誤差の変化を示す図である。

30 【符号の説明】

R レチクル

PL 投影光学系

W ウエハ

4、5、6、14、15 調整光学系

7 対物レンズ

9 アライメントマーク

HM ハーフミラー

10 ウエハステージ

40 13 空間フィルタ

A_{1n}、A_{1o}、A_{2n}、A_{2o}、A_{3n}、A_{3o} 音響光学素子

PD、RPD、PD02、PD20 光電検出器

RP1、RP2、RP3 位相差検出器

20、21 周波数分離器

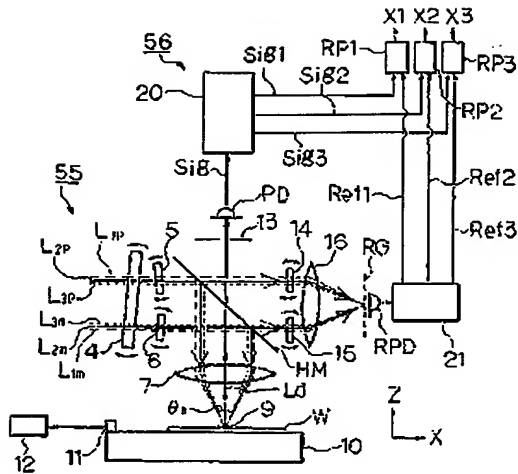
53 主制御系

55 アライメント光学系

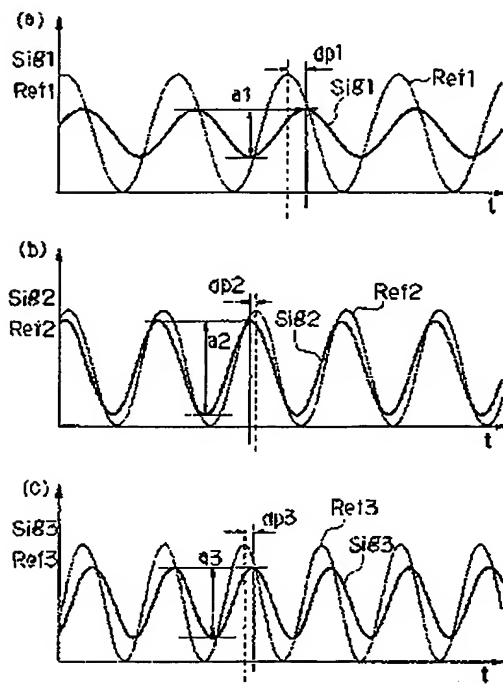
56 信号処理系

61A、61B、61C レーザ光源

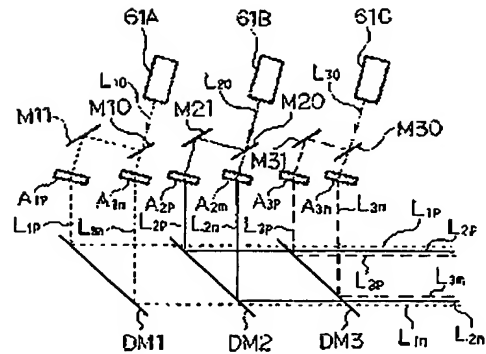
【図 1】



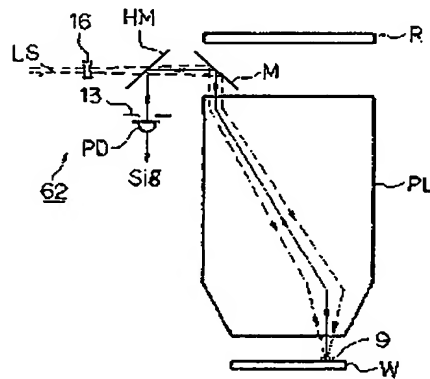
【图3】



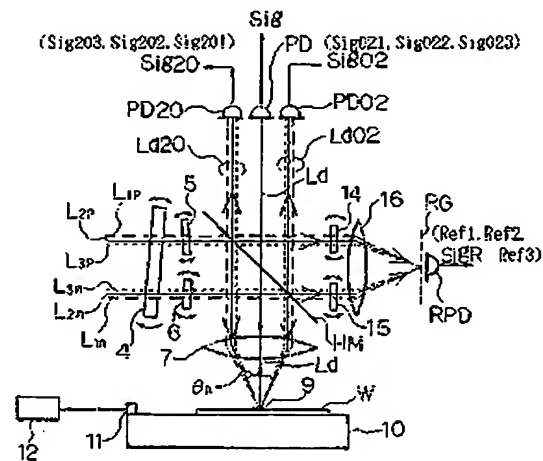
【図2】



【図4】



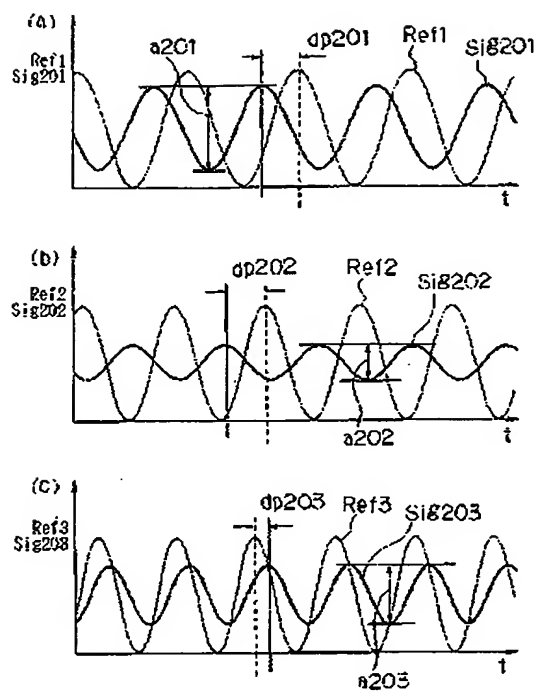
【図6】



(14)

特開平10-22207

【図8】



【図9】

